

Лекция XV

Поразяваща способност на ударните вълни във въздуха

Ударните вълни във въздуха, които възникват вследствие на детонацията на взривни вещества, на ядрен взрив, взрив на газ и други, са едни от основните поразяващи фактори както за различни обекти (сгради, транспорт, мостове и др.), така и за хората, които попадат в зоната на тяхното действие.

Степента на поражение на ударната вълна зависи от налягането на фронта на ударната вълна Δp_m продължителността на фазата на свиване τ и стойността на отделения импулс i .

За оценка на степента на повреждане на типовите тухлени сгради и промишлени съоръжения могат да се използват формулите, получени въз основа на обработване на наблюдаваните разрушения от бомбардировките в периода на Втората световна война.

Таблица 15.1.

Зона на взриво-безопасност за различните обекти

Обект	$r/m^{1/3}$, m/kg ^{1/3}	Δp_m , kPa
Укрепен надземен склад	2,4	190
Транспорт вътре в укрепеното складово помещение	3,6	69 ÷ 76
Неукрепен надземен склад	4,4	55
Транспорт вътре в неукрепеното складово помещение	7,1	24
Обществен транспорт	9,5	16
Жилищни сгради		5,9 ÷ 8,3

$$r = \frac{Km^{1/3}}{(1 + (3180/m)^2)^{1/6}}, \quad (15.1)$$

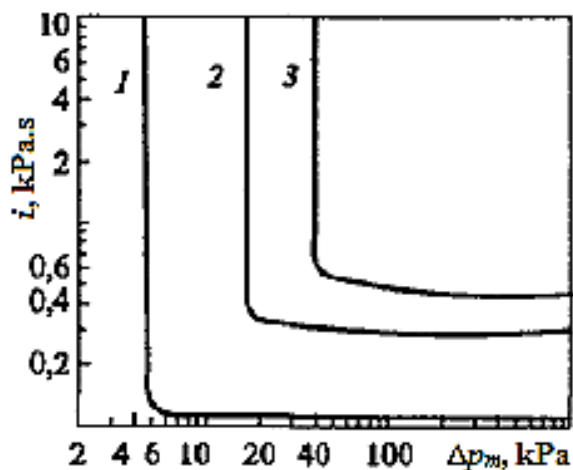
където: r е разстоянието от центъра на взрива, m;

m – масата на заряда ВВ, kg;

K – коефициентът, който определя степента на разрушение на сградите от въздушната ударна вълна.

Коефициентът K в уравнението (15.1) е равен на $K = 3,8$ (цялостно разрушение на сградите), $K = 5,6$ (50% изцяло разрушена сграда), $K = 9,6$ (сгради, които са негодни за обитаване), $K = 28$ (умерени разрушения, повреждания на вътрешните с малка издръжливост прегради), $K = 56$ (слабо повредени сгради, разбити повече от 10% от остъкляването). Тъй като всяка маса на заряда m и разстоянието от центъра на заряда r съответства на своето налягане в преминаващата въздушна ударна вълна Δp_m и на своя отделен импулс на взрива i , то зависимостта (15.1) може да бъде преустроена в зависимостта $i = i(\Delta p_m, K)$.

На фигура 15.1 тази зависимост е представена графично за три нива на разрушение на сградите: 1 – граница на областта на минимално повредените сгради; 2 – граница на областта на значително повредените сгради, повреда на някои конструктивни елементи, които са носещи за натоварванията в сградата; 3 – граница на областта на частичното разрушение. Въз основа на формула (15.1) или фигура 15.1 можем да определим радиуса на безопасност на сградите от центъра на взрива за определена маса на заряда ВВ. Тази формула и графики са подходящи за ударната вълна от който и да било източник (взрив ВВ, взрив на балон с газ и други).



Фигура 15.1. Диаграма (импулс-налягане) за различни нива на разрушение на сградите.

Въз основа на опитните данни се установяват зони на взриво-безопасност около складовете с боеприпаси за различните обекти (виж табл. 15.1) За оценка на разрушенията на различните обекти се различават два типа динамични натоварвания: импулсно и статично.

За импулсно натоварване се смята онова, при което $\tau/T \leq 0,25$, а за статично се смята онова, при което $\tau/T \geq 10$, където τ е времето за действие на ударната въздушна вълна върху преградата. За гъвкавите системи T е периодът на собствените колебания. Тъй като $\tau \sim \sqrt[6]{m}$, то колкото по-мошен е взривът, с толкова по-голямо приближение натоварването съответства на статичното натоварване за дадения обект. Така при ядрен взрив ($20\,000 T$) τ представлява около 1 s, което е значително повече от стойността на T за по-голямата част поразявани обекти.

В таблица 15.2 са дадени данните според периода на собствените колебания на T , а също така и според свръх налягането Δp_m и отделения импулс i , който съответства на разрушението на някои обекти.

Таблица 15.2.

Период на собствените колебания и параметри на разрушенията на обекти

Обекти	Тухлени стени		Железобетонна стена	Дървен гредоред	Леки прегради	Остъкляване
	2 тухли	1,5 тухли				
T, s	0,01	0,015	0,015	0,3	0,07	0,02÷0,04
$\Delta p_m, kPa$	44	24	290	10÷16	5	5÷10
$i, N \cdot s/m^2$	$2,2 \cdot 10^3$	$1,9 \cdot 10^3$	-	$(0,5 \div 0,6) \cdot 10^3$	$0,3 \cdot 10^3$	$(0,1 \div 0,3) \cdot 10^3$

В таблица 15.3 са представени свръх налягането във въздушната ударна вълна за елементите на съоръжението, когато натоварването е „статично”.

При човека ударната вълна преди всичко поразява дихателната система и слуховия апарат. На фигура 15.2 са показани нивата на оцеляване на човека в зависимост от относителното налягане и отделения импулс:

$$\bar{p} = \frac{\Delta p_m}{p_0};$$

$$\bar{i} = \frac{i}{p_0^{1/2} M^{1/3}},$$

където p_0 е началното налягане във въздуха;

M – масата на човека.

Таблица 15.3.

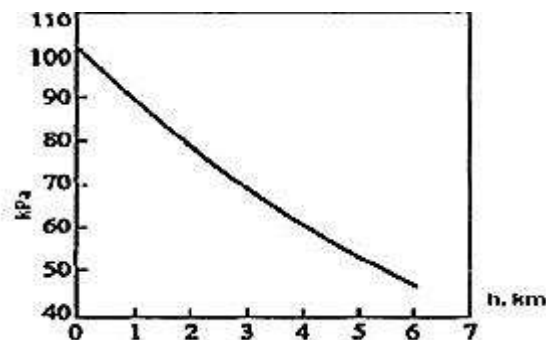
**Разрушение (повреждане) на елементите на съоръженията,
които са чувствителни към действието на максималното свръх налягане
(Δp_m – свръх налягане в падащата ударна вълна)**

Елементи на съоръжението	Характер на разрушението (повредата)	$\Delta p_m \cdot 10$, MPa
Стъкла (големи и малки)	Избиване на стъкла; възможно разрушение на рамките	0,035÷0,070
Лек пълнеж на стената от вълнисти азбестови панели	Разрушение	0,07÷0,14
Панели от вълниста стомана и алуминий	Нарушение на съединението с последваща силна деформация	0,07÷0,14
Тухлени стени с дебелина от 20,0÷30,5 cm (без подсилване)	Разрушения, предизвикани от деформацията на среза и изместване	0,49÷0,56
Пълнеж на стената от дървени панели (къща със стандартна конструкция).	Нарушение на съединенията и срив на дървените панели.	0,07÷0,14
Бетонни или сгуробетонни стени с дебелина 20,0÷30,5 cm (без подсилване)	Разрушение на стените.	0,14÷0,21
Леки сводови наземни съоръжения от вълнисти стоманени панели с дължина 6,0÷7,5 cm, дебелина на грундовия насип над свода 0,9 m.	Пълно разрушение.	2,45÷2,80
	Повреждане на части на свода откъм страната, обърната към взрива.	2,10÷2,45
	Деформация на челните стени и свода; възможно повреждане на входната врата.	1,40÷1,75
	Възможно повреждане на вентилационната система и входната врата.	0,7÷1,0
Леко железобетонно наземно или задълбано укритие с грундов насип с дебелина не по-малко от 0,9 m (панели с дебелина 5,0÷7,5 cm); дървени греди разположени на разстояние 1,2 m една от друга.	Разрушение на съоръжението.	2,10÷2,45
	Частично разрушение на съоръжението.	1,75÷2,10
	Деформация на панелите, образуване на голямо количество цепнатини, потъване навътре на отделни панели.	1,00÷1,75
	Образуване на пукнатини, възможно повреждане на входната врата.	0,7÷1,0
Самолети на земята.	Пълно разрушение.	0,42
	Повреди, при които възстановяването на самолета е икономически нецелесъобразно.	0,28
	За възстановяване на самолета е необходим основен ремонт.	0,21
	Ремонтът не е необходим или е необходим незначителен ремонт и замяна на части.	0,07

Под границата (прага) на поразяване на фигура 15.2 се намира зоната, която е безопасна за човека. По графиката на фигура 15.3 можем да определим стойността на p_0 на различни височини над морското равнище, което дава възможност да оценим степента на поражение върху човека с помощта на фигура 15.2 на различни височини. Стойностите на отделения импулс i и налягането Δp_m се определят чрез помощта на формули.

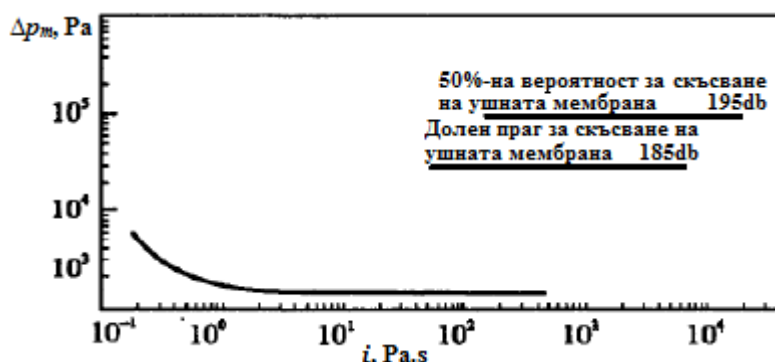


Фигура 15.2. Ниво на оцеляване при поразяване на дихателните органи на човека.



Фигура 15.3. Изменение на атмосферното налягане в зависимост от височината над морското равнище.

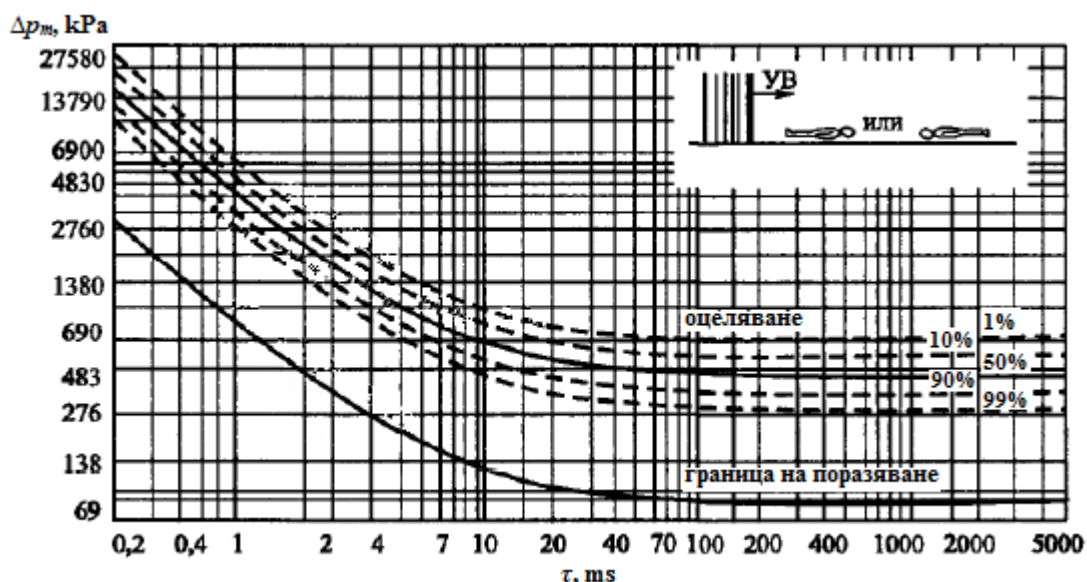
На фигура 15.4 са дадени данните, които дават възможност в зависимост от налягането на фронта на ударната вълна Δp_m и отделения импулс i , да определим степента на поражение на слуховите органи на човека.



Фигура 15.4. Гранични криви на поразяване на слуховите органи на човека при падане на взривната вълна по нормала спрямо ухото.

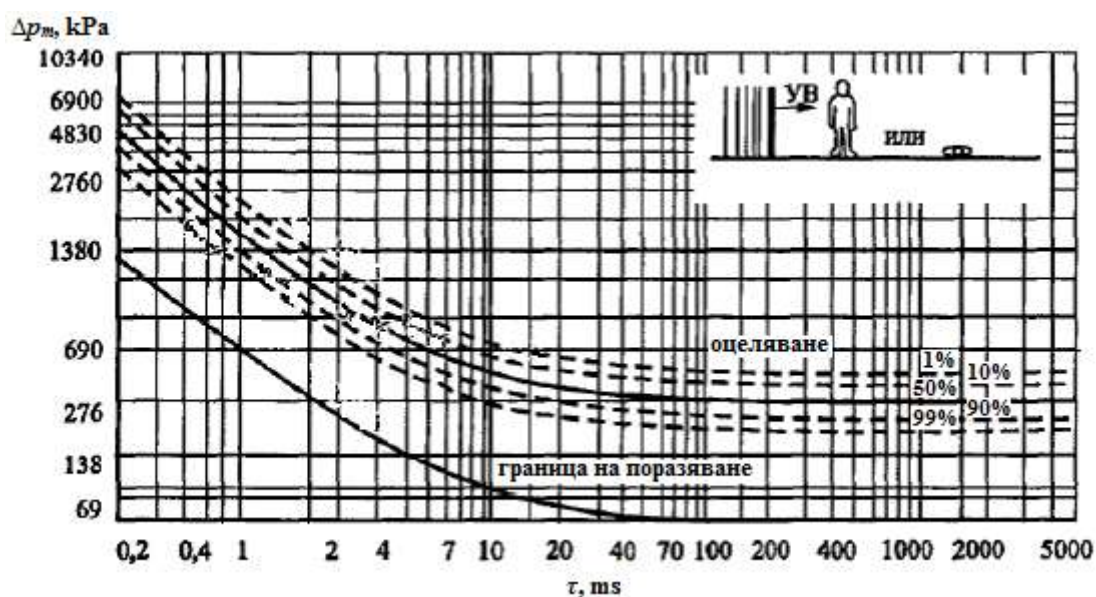
Степента на поражение върху човека при въздействието на ударните вълни се определя от същите фактори, които важат и при въздействието върху сградите, съоръженията, машините и др., т.е. налягането на ударната вълна Δp_m , времето за спадане на налягането τ и отделения импулс на ударната вълна на взрива i , които зависят от масата (енергията) на взрива и разстоянието до центъра на взрива.

Степента на поражение върху човека зависи не само от параметрите на ударната вълна, но и от положението на тялото спрямо фронта на ударната вълна и отразяване му от твърдите стени. На фигури 15.5, 15.6 и 15.7 е представена вероятността за оцеляване на човек в зависимост от налягането на фронта на ударната вълна Δp_m и времето на действие на налягането на ударната вълна τ както и от положението на тялото на човека в момента на въздействие на ударната вълна.

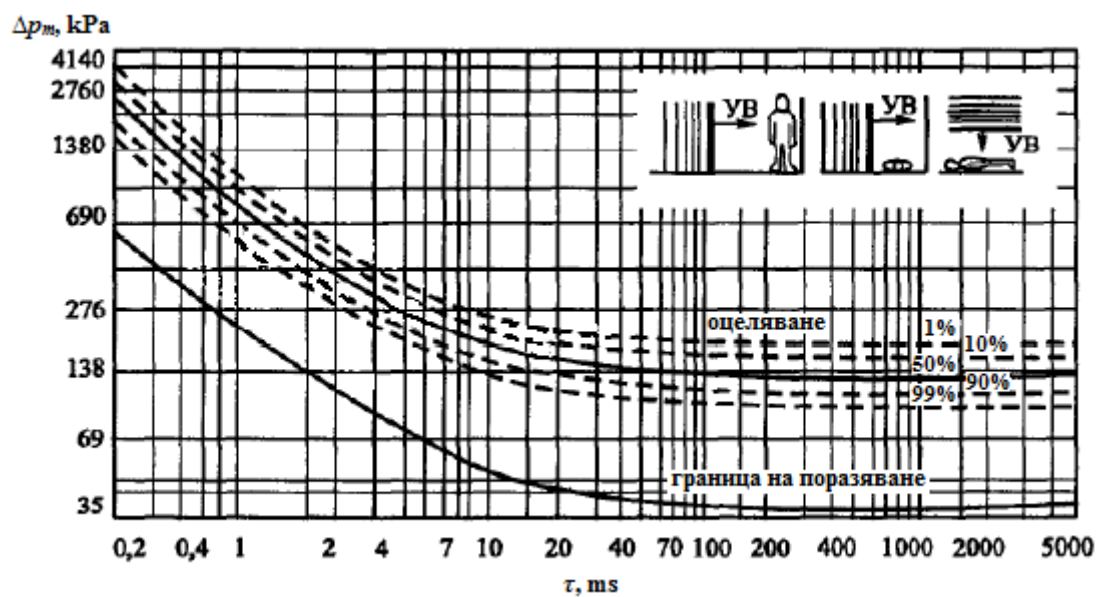


Фигура 15.5. Вероятност за оцеляване на човек с тегло от 70 kg, намиращ се в посоката на движение на ударната вълна, в зависимост от налягането в преминаващата ударна вълна Δp_m и времето на действие на положителната фаза на налягането.

Най-опасното положение на човека спрямо фронта на ударната вълна е представено на фигура 15.7, когато спрямо него действат не само налягането в преминаващата ударна вълна, но и налягането във вълната, отразена от твърдата стена. Например критично ниво на налягането (първи признаци за поражение върху човека) има при 80 kPa и време на действие на ударната вълна $\tau = 40$ ms (виж фиг. 15.5). За положението на човека, показано на фигура 15.7, това критично ниво на налягането в падащата ударна вълна е 33 kPa, но при отражение на ударната вълна от стената свръх налягането е равно на 80 kPa.



Фигура 15.6. Вероятност за оцеляване на човек с тегло от 70 kg, намиращ се перпендикулярно спрямо посоката на движение на ударната вълна, в зависимост от налягането в преминаващата ударна вълна Δp_m и времето на действие на положителната фаза на налягането.



Фигура 15.7. Вероятност за оцеляване на човек с тегло от 70 kg, намиращ се в зоната на отразената от стената ударна вълна, в зависимост от налягането в преминаващата ударна вълна Δp_m и времето на действие на положителната фаза на налягането.